



Aalborg Universitet

AALBORG UNIVERSITY
DENMARK

Brandforsøg med belastede limtræbjælker

Olesen, Frits Bolonius

Publication date:
1979

Document Version
Også kaldet Forlagets PDF

[Link to publication from Aalborg University](#)

Citation for published version (APA):

Olesen, F. B. (1979). *Brandforsøg med belastede limtræbjælker*. Institut for Bygningsteknik, Aalborg Universitet. IFB/A Bind 7905

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- ? Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- ? You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- ? You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal ?

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us at vbn@aub.aau.dk providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

INSTITUTTET FOR BYGNINGSTEKNIK

INSTITUTE OF BUILDING TECHNOLOGY AND STRUCTURAL ENGINEERING

AALBORG UNIVERSITETSCENTER · AUC · AALBORG · DANMARK

PRÆSENTERET PÅ DET 5. NORDISKE TRÆSYMPOSIUM
AALBORG, MAJ 1979

FRITS BOLONIUS OLESEN
BRANDFORSØG MED BELASTEDE LIMTRÆBJÆLKER
AUGUST 1979

IFB/A 7905

INSTITUTTET FOR BYGNINGSTEKNIK

INSTITUTE OF BUILDING TECHNOLOGY AND STRUCTURAL ENGINEERING

AALBORG UNIVERSITETSCENTER · AUC · AALBORG · DANMARK

PRÆSENTERET PÅ DET 5. NORDISKE TRÆSYMPOSIUM
AALBORG, MAJ 1979

FRITS BOLONIUS OLESEN
BRANDFORSØG MED BELASTEDE LIMTRÆBJÆLKER
AUGUST 1979

IFB/A 7905

BRANDFORSØG MED BELASTEDE LIMTRÆBJÆLKER

Af civilingeniør Frits Bolonius Olesen, Aalborg Universitetscenter

I det følgende skal redegøres for resultatet af en mindre serie pilotforsøg, som i maj 1979 er gennemført i instituttets brandlaboratorium med det formål at verificere, hvor godt belastede limtræbjælkens respons på brandpåvirkning stemmer overens med de senest opstillede modeller for henholdsvis indbrænding i træ og hensyntagen til træs reducerede stivhedsegenskaber ved høje temperaturer.

Forsøgenes baggrund

Brandteknisk dimensionering af bærende trækonstruktioner har hidtil oftest været baseret på stærkt forenklede antagelser mht indbrændingshastigheden, der sædvanligvis regnes konstant, ca. 35 mm/h, altså uafhængig af brandforløbet og af konstruktionselementets konfiguration. I Svensk Bygg Norm 1975 foreskrives dog, at der for brandrum med åbningsfaktor $> 0,04 \text{ m}^{\frac{1}{2}}$ tages hensyn til den forøgede forbrændingshastighed, jvf eksempelvis [1]. Med henblik på en mere nuanceret bestemmelse af indbrændingshastigheden har HADVIG og PAULSEN [2] foretaget en analyse af indbrændingshastigheden ved 1-dimensionel påvirkning, og på baggrund heraf har HADVIG [3] angivet et udtryk til bestemmelse af indbrændingsdybdens tidsvariation i afhængighed af den termiske påvirkning. Dette udtryk er benyttet til optegning af middelindbrændingen for det ved de her omhandlede forsøg anvendte brandforløb, på figur 1B benævnt "Hadvig 1978". På grundlag af videregående analyser har HADVIG [4] angivet et korrigeret forløb af middelindbrændingen, på figur 1B optegnet og benævnt "Hadvig 1979".

Træs styrke- og stivhedsegenskaber under de temperaturer, der forekommer i den ikke-forkullede del af konstruktionselementet under brandpåvirkning, er kun sparsomt beskrevet i litteraturen. I mangel af bedre grundlag baseres dimensioneringen derfor oftest på en antagelse om uændrede - eller næsten uændrede - styrke- og stivhedsegenskaber til trods for, at disses re-

duktion er evident. For at kompensere for denne fejl (på den usikre side), som herved begås, har CARLSEN [5] foreslået, at der ved dimensioneringen regnes med en "svækket zone", hvor styrken regnes at aftage lineært fra normale værdier i den usvækkede del af tværsnittet (fx defineret som de områder, hvor temperaturen ikke overskrider 50 °C) til nul i forkullingslaget.

Forsøgenes gennemførelse

Forsøgsrækken omfattede ialt 4 brandforsøg, som blev udført i laboratoriets kombinerede brandkammer/bjælkeprøvemaskine, hvor prøvelegemerne blev exponeret 3-sidigt. Prøvningssudstyret er nærmere beskrevet i [6]. Prøvelegemerne var ca. 4 m lange limtræbjælker med tværsnit $h \cdot b = 400 \cdot 140$ mm. På grund af prøvningstekniske vanskeligheder ved de to sidste forsøg er kun de to første, L1 og L2, omtalt i det følgende.

Belastningen på prøvelegemerne (simpelt understøttede med en spændvidde på 3,60 m) var under forsøgene konstant 2 enkeltlaste á 27,0 kN, hvorved den maximale bøjningsspænding var 17,5 MPa (ca. svarende til fuld udnyttelse af en T400-konstruktion med lige stor egenlast og nyttelast, dimensioneret iht DS 413).

Den termiske påvirkning blev styret efter et gastemperatur/tid-forløb beregnet efter åbningsfaktor-metoden med en åbningsfaktor $F = 0,04 \text{ m}^{1/2}$ og en brandbelastning $q = 188 \text{ MJ/m}^2$. Ved forsøg L1 blev brandpåvirkningen afbrudt ved vandpåsprøjtning efter 33 minutter, ved forsøg L2 efter 90 minutter (se figur 1A).

Temperaturerne i prøvelegemerne blev målt i 6 punkter med indborede termoelementer. De målte temperaturer i de tre inderste målepunkter og disses placeringsdybde under den oprindelige sideflade er for L2 vist på figur 1A.

Nedbøjningerne i bjælkernes midtpunkt blev løbende registreret under forsøgene. På grund af upålidelig måling under forsøg L1 er kun resultatet for forsøg L2 gengivet på figur 2.

Indbrændingsdybden blev efter afbørstning af prøvelegemerne målt manuelt og deres middelværdier henholdsvis foroven og forneden i siderne samt på undersiden beregnet. På figur 1B er vist øvre og nedre grænseværdier for de målte indbrændingsdybder samt de beregnede middelindbrændinger.

Forsøgenes resultat

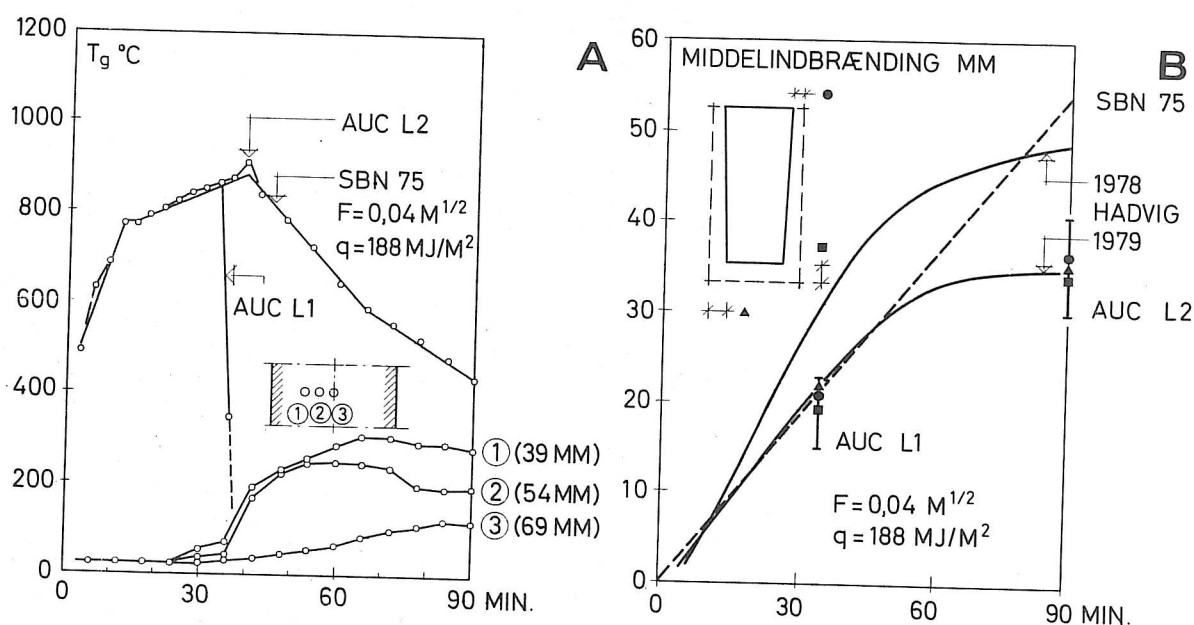
Ved forsøg L2 var det planlagt at registrere nedbøjningsforløbet under konstant last i hele forsøgsperioden på 90 minutter. Imidlertid indtrådte

pludseligt brud allerede efter 37 minutters brandpåvirkning, hvorefter prøvelegemet aflastedes, medens forsøget iøvrigt fortsattes for at muliggøre måling af indbrændingen efter 90 minutters påvirkning. Årsagen til bruddet viste sig at være momentant svigt af en fingerskarring i tredje-nederste lamel. Dette svigt gav anledning til en stærkt accelereret indbrænding i de overliggende lameller.

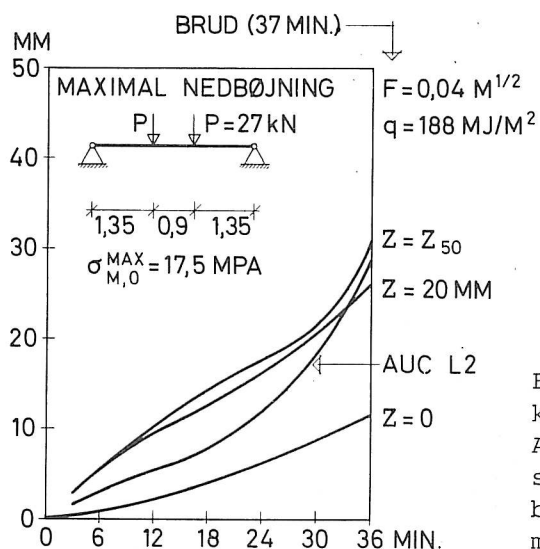
Indbrændingsdybderne viste god overensstemmelse med de af HADVIG i [4] beregnede (jvf figur 1B), dvs for det omhandlede brandforløb væsentlig lavere værdier end svarende til "gængs praxis", iht eksempelvis SBN 75.

Temperaturerne i konstruktionens indre synes ved brandpåvirkninger ud over en halv time at antage betragtelige værdier, efter 60 minutters påvirkning således af størrelsesordenen 200°C i gennemsnit over tværsnittet. De målte værdier lader sig ikke direkte sammenligne med de af HADVIG i [3] og [4] beregnede.

Nedbøjningsforløbet synes at bekræfte, at der finder en væsentlig reduktion af stivheden sted, selv ved de relativt moderate temperaturstigninger under den første halve times påvirkning. På figur 2 er vist beregnet nedbøjningsforløb for forskellige udstrækninger af den svækkede zone, henholdsvis $z = 0$ (dvs ingen svækkelse overhovedet), $z = 20\text{ mm}$ (dvs ingen svækkelse i større dybde end 20 mm) og $z = z_{50}$ (dvs ingen svækkelse i tværsnitsdele med temperaturer under 50°C).



Figur 1. A: Gastemperatur/tid-forløb ved forsøgene L1 og L2 samt forløbet iht Svensk Bygg Norm 1975 bestemt ved åbningsfaktormetoden for åbningsfaktoren $F = 0,04\text{ m}^{1/2}$ og brandbelastningen $q = 188\text{ MJ/m}^2$. 1, 2 og 3 angiver de målte indre temperaturer under forsøg L2. B: Målte middelindbrændinger ved forsøgene L1 og L2. Til sammenligning er indtegnet middelindbrændingerne bestemt efter [3] og [4] samt efter SBN 75 (35 mm/h).



Figur 2. Nedbøjningsforløb for brandpåvirket limtræbjælke under konstant last. AUC L2 viser målte nedbøjninger under forsøg L2. Øvrige kurver viser beregnede nedbøjninger under forskellige forudsætninger mht den "svækkede zones" udstrækning.

Det målte nedbøjningsforløb (AUC L2) synes at pege i retning af, at det af CARLSEN [5] foreslåede svækkelseskriterium (z_{50}) er et brugeligt udgangspunkt for en rimeligt pålidelig tilnærmelsesberegning.

Konklusion

Udover at der gennem pilotforsøgene er indhøstet de nødvendige prøvnings-tekniske erfaringer til, at en systematisk forsøgsrække kan gennemføres i laboratoriet, bør der på grund af forsøgenes meget begrænsede omfang næppe drages nogen konkrete konklusioner af de opnåede resultater. Forsøgene synes dog at underbygge, at der ved en brandteknisk dimensionering af bærende trækonstruktioner i højere grad end hidtil må tages hensyn til,

- at brandforløbet har en meget væsentlig indflydelse på forløbet af indbrændingshastigheden,
- at temperaturerne i resttværsnittet antager værdier, der influerer væsentligt på træets styrke og stivhed,
- at den heraf forårsagede reduktion af styrke- og stivhedsegenskaberne er så betydelig, at den nødvendigvis må tages i regning,
- at fingerskarringer udgør et i brandmæssig henseende svagt led, som under uheldige omstændigheder kan få overordentlig alvorlige konsekvenser for limtræbjælkers brandmodstandsevne - et såvidt vides hidtil upåagtet forhold.

Litteratur

- [1] Pettersson, O. & K. Ödeen: Brandteknisk dimensionering. Principper, underlag, eksempel. Liber Förlag. Stockholm 1978.

- [2] Hadvig, S. & O. Paulsen: One-dimensional Charring Rates in Wood. Journal af Fire & Flammability, Vol. 7. 1976.
- [3] Hadvig, S.: Wood in Fires. Nordisk Brand-Symposium. Borås 1978.
- [4] Hadvig, S.: Indbrænding og temperaturforhold i træ under brand. 5. Nordiske Træsymposium. Nordisk Trätidsskrift, hæfte nr. 6. Aalborg 1979.
- [5] Carlsen, B.-E.: Brandteknisk dimensionering af bærende trækonstruktioner. 5. Nordiske Træsymposium. Nordisk Trätidsskrift, hæfte nr. 6. Aalborg 1979.
- [6] Hviid, N.J. & F.B. Olesen: AUC's brandlaboratorium. Instituttet for Bygningsteknik. Rapport nr. 7708. Aalborg 1977.

De omhandlede pilotforsøg indgår i et af Statens teknisk-videnskabelige Forskningsråd støttet projekt "Brandteknisk konstruktionsprøvning", hvis primære formål er at udvikle og gennemprøve udstyr og metoder til eksperimentel verifikation af bærende bygningskonstruktioners brandmodstandsevne.

